

(43)Date of publication of application : 18.07.1995

F02P 5/152
F02P 5/153
F02D 45/00
F02D 45/00
F02P 5/15

(72)Inventor : HARA HIROAKI
KOMORIYA HARUO

Priority number : 05307266 Priority date : 12.11.1993 Priority country : JP

fuel injected into the cylinder and the crank angle at the optional mass combustion rate in the advanced stage of combustion, and a, b are constants determined by the characteristic of the spark-ignition engine. The control device 28 controls the ignition timing of the spark-ignition engine on the basis of the optimum ignition timing computed by the arithmetic unit.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3179299

[Date of registration] 13.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the spark-ignition engine which had the crank connected with the piston in a cylinder and a cylinder, and has changed the reciprocating motion of a piston into rotation through a crank The angle sensor which measures whenever [crank angle / of a crank], and the combustion sensor which measures the mass combustion rate of the fuel in a cylinder combustion chamber, whenever [crank angle / which was measured by the angle sensor], and the mass combustion rate measured by the combustion sensor -- being based -- following formula $Y=aX+b$ -- [-- here The difference of whenever [in the criteria mass combustion rate of the arbitration of a fuel that the ignition timing which displayed Y by whenever / in front of a top dead center / crank angle /, and X were injected into the cylinder / crank angle], and, whenever [in the mass combustion rate of the arbitration in the phase, in which combustion advanced / crank angle], a and b are a spark-ignition engine characterized by having the arithmetic unit which computes a spark-ignition engine's ignition timing by constant] which becomes settled with a spark-ignition engine's property, and the control unit which controls a spark-ignition engine's ignition timing based on the ignition timing computed by the arithmetic unit.

[Claim 2] The spark-ignition engine according to claim 1 with which said combustion sensor is the pressure sensor which measures the pressure of the combustion chamber of a cylinder, and said arithmetic unit is characterized by computing the mass combustion rate at the time of the pressure survey of the fuel injected into the cylinder from the relation between the pressure of a combustion chamber, and the mass combustion rate of a fuel based on the pressure survey value by said pressure sensor.

[Claim 3] In the ignition timing optimum control approach of the spark-ignition engine which had the crank connected with the piston in a cylinder and a cylinder, and has changed the reciprocating motion of a piston into rotation through a crank whenever [crank angle / which was measured by the angle sensor which measures whenever / crank angle / of a crank] the mass combustion rate measured by the combustion sensor which measures the mass combustion rate of the fuel in a cylinder combustion chamber -- being based -- following formula $Y=aX+b$ -- [-- here The difference of whenever [in the criteria mass combustion rate of the arbitration of a fuel that the ignition timing which displayed Y by whenever / in front of a top dead center / crank angle /, and X were injected into the cylinder / crank angle], and, whenever [in the mass combustion rate of the arbitration in the phase, in which combustion advanced / crank angle], a and b are the ignition timing optimum control approach of the spark-ignition engine characterized by being constant] which becomes settled with a spark-ignition engine's property, computing a spark-ignition engine's ignition timing, and controlling a spark-ignition engine's ignition timing based on the computed ignition timing.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the ignition timing optimum control approach applicable to a spark-ignition engine about the spark-ignition engine having an ignition timing optimum control device, if it says to a detail further about a spark-ignition engine. On these specifications, a spark-ignition engine has the cylinder engine of a two cycle or a four cycle, and means a reciprocation type internal combustion engine.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a spark-ignition engine, if ignition timing is too early, a combustion stage will become too much early, it becomes the work which depresses a piston at the time of a rise of a piston, if ignition timing is too late conversely, a combustion stage becomes late too much, when descent of a piston is large, a firing pressure will act, and it does not become effective work. Then, a jump-spark-ignition power and fuel consumption are raised, or defanging of exhaust gas is promoted, and research which optimizes a spark-ignition engine's ignition timing is briskly done from the standpoint which aims at environmental manipulation and energy saving. Theoretically, a spark-ignition engine's optimal ignition timing is a time of whenever [crank angle] reaching a minimum point fire tooth lead angle (Minimum SparkAdvance for Best Torque) (it being hereafter called MBT for short simply), and lighting there is optimal in respect of an output and fuel consumption. Here, a minimum point fire tooth lead angle (MBT) is the include angle of the crank equivalent to ignition timing which generates the maximum torque in the range from which knocking is not started. So, whenever [crank angle / which is equivalent to MBT with various means] is computed so that ignition timing may be set to MBT, and this is controlling ignition timing by the conventional spark-ignition engine mechanically or electronically.

[0003] For example, JP,56-165772,A is indicating the ignition timing adjustment equipment of the engine which uses the composite fuel which mixed alcohol and a gasoline. The equipment forms the ignition timing adjustment equipment which adjusts ignition timing based on the output of the alcoholic concentration sensor which detects the alcoholic concentration of composite fuel, and an alcoholic concentration sensor, and when alcoholic concentration is beyond the set point, it constitutes it so that ignition timing may be advanced.

[0004] Moreover, JP,1-193079,A is indicating invention which was made to light at the optimal ignition timing according to an engine operation condition by considering that rotational-speed change of an engine is conforal accelerated motion, and computing ignition timing based on the continuous period between [2 times of] crank criteria locations. Moreover, it is supposed that it is the electronic ignition timing control approach of the gasoline engine which enabled this indication invention to light an above-shown official report also in the time of change of an engine speed at the optimal ignition timing according to operational status.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the conventional approach of optimizing a spark-ignition engine's ignition timing cannot necessarily be satisfied, and has various troubles. For example, the ignition timing adjustment equipment of the indication to above-shown JP,56-165772,A has the weak spot referred to as that the optimal output is not necessarily obtained, when there is constraint referred to as being able to apply only when alcoholic concentration is before and

after a predetermined value and the fuel of the gasoline / alcoholic concentration of arbitration is used. Moreover, the approach proposed by above-shown JP,1-193079,A has the problem necessarily said that the optimal ignition timing is uncontrollable, when the fuel with which a fuel property, for example, an octane value, differs from the rate of combustion etc. is used like [in the case of a high octane gasoline and regular gasoline].

[0006] It is offering the spark-ignition engine having a means the purpose of this invention optimizing a spark-ignition engine's ignition timing irrespective of the class of use fuel in view of the trouble which the conventional spark-ignition engine's optimal ignition timing control means requires, and offering the ignition timing optimum control approach.

[0007]

[Means for Solving the Problem] As a result of this invention person's etc. repeating research and an experiment further based on these conventional technique, the ignition timing when a spark-ignition engine shows the maximum thermal efficiency, i.e., the optimal ignition timing, found out that the rotational frequency of the class of fuel, an air-fuel ratio, an inhalation air content, or an engine was a linear function of a certain independent specific factor.

[0008] Below, this invention person etc. explains [which came to find out that the optimal ignition timing is the linear function of a specific factor] an experimental result.

The single-cylinder engine (single-cylinder engine of model 530 type made from AVL) with example of experiment 1 displacement of 403 cc was selected as a trial engine, it converted so that a fuel lean mixture could also be operated, and a pressure sensor is attached and it enabled it to measure the pressure of a combustion chamber further.

[0009] In the above-mentioned reconstruction engine, the pure article of each hydrocarbon of an isooctane, benzene, toluene, 1-hexene, 2, 4 and 4 trimethyl pentene (DIB), and a cyclohexane was used as a fuel, 1200rpm and a MAP changed the air-fuel ratio by the service condition of 660mmHg (s), and the engine speed performed the combustion test. a combustion test -- every fuel -- and the engine was operated by the service condition which boiled and changed various ignition timing for every air-fuel ratio, and engine power and the pressure of the combustion chamber corresponding to whenever [crank angle] were measured for every set-up each point fire stage.

[0010] Subsequently, in order to compute the angular displacement of whenever [crank angle / until combustion advances from the criteria mass combustion rate of arbitration, for example 0%, (at the time of ignition) and it reaches the mass combustion rate of arbitration, for example, 10%, from a measurement result], drawing 2 and drawing 3 were created. The last was asked for the correlation with MBT and the combustion period when the mass combustion rate at that time becomes from 0% by 10%.

[0011] How to search for the combustion period when a mass combustion rate becomes below from 0% by 10% using the creation approach of a graph and it which show drawing 2 and drawing 3 is explained. Drawing 2 is the angular displacement (shown by theta and [the abbreviated name of **C A "Crank Angle"].) of whenever [crank angle] in an axis of abscissa. the following -- easy -- whenever [crank angle] -- saying -- a graduation has cylinder internal pressure in an axis of ordinate, respectively, and the relation between whenever [in the time of motoring and firing (lighting / no /) / crank angle], and cylinder internal pressure is expressed. The pressure pM (theta (theta is attached in order to show that pM is the function of theta.)) at the time of motoring of a combustion chamber [as opposed to whenever / each crank angle / by this] Hereafter, being the same and the pressure pF at the time of firing (theta) can be read. As for a heat rate (dQ (theta)) and a mass combustion rate (X (theta) [%]), a graduation has whenever [crank angle] in an axis of abscissa at an axis of ordinate, respectively, and drawing 3 expresses the relation (graph of a continuous line) between whenever [crank angle], and a heat rate, and the relation (graph of a broken line) between whenever [crank angle], and a mass combustion rate with it.

[0012] As the 1st step, drawing 2 is created in the following procedures. In addition, the following operations are computed by the predetermined program from the pressure survey value inputted into the arithmetic unit. First, pressure pF (theta) i of the combustion chamber corresponding to [repeat the combustion test at the time of firing N time (N is the number of arbitration) in the same fuel, the same air-fuel ratio, and the same ignition timing, and / whenever / crank angle] theta at suitable angle spacing It measures for every combustion test. The range of theta sets a compression top dead

center to 0, is to the next compression top dead center, and, in the case of a trial engine (engine of a single-cylinder four cycle), becomes 0-720 degrees. In addition, in drawing 2 and drawing 3, it illustrates about compression and an explosion process among four cycles. Subsequently, the pressure PF of the average at the time of firing (theta) is computed by the following formula 1 to every theta whenever [each crank angle].

[Equation 1]

$$P_f = (1/N) \sum_{i=1}^{i=N} (p_f(\theta)) \quad (式 1)$$

[0013] Pressure survey value pM (theta) i corresponding to [similarly / whenever / crank angle / at the time of motoring] theta It asks and the pressure PM of the average at the time of motoring (theta) is computed by the following formula 2 to every theta whenever [crank angle / of suitable angle spacing].

[Equation 2]

$$P_m = (1/N) \sum_{i=1}^{i=N} (p_m(\theta)) \quad (式 2)$$

In addition, PM (theta) can also be computed by count from transition of the cylinder content volume of whenever [crank angle] from the bo of a piston, a stroke, a connecting rod, and the value of offset. Relation between the mean pressure PF at the time of firing in theta and (theta) the mean pressure PM at the time of motoring (theta) is graph-ized as it is indicated [whenever / each crank angle] in drawing 2 as theta whenever [crank angle].

[0014] As the 2nd step, drawing 3 is created in the following procedures. First, the heat rate dQ (theta) for whenever [crank angle / every] is computed by the following formulas.

$dQ(\theta) = A/(\kappa - 1) \cdot (PM(\theta) - dPF + (\theta) \kappa - PF(\theta))$, and $dPM) A(\theta)$: Heat-equivalent-of-work = 1/J kcal/kg and κ : As it is indicated [whenever / ratio-of-specific-heat crank angle] in drawing 3 as theta whenever [crank angle], graph-ize relation with dQ (theta) in theta.

[0015] Next, an above-mentioned graph to combustion initiation include angle theta 1 Burn-out include angle theta 2 It asks. Combustion initiation include angle theta 1 It is whenever [crank angle / in case a heat rate shifts to forward from negative], and is the burn-out include angle theta 2. It is whenever [crank angle / in case a heat rate shifts to negative from forward]. If it puts in another way, it will set to drawing 3, and it is theta 1. theta 2 in the time of calorific value increasing more than heat release It is theta 0 when heat release increases more than calorific value. It is whenever [in the time of ignition / crank angle]. In addition, theta 0 theta 1 The difference of whenever [crank angle] is a period generally called ignition lag (Ignition Delay).

[0016] Subsequently, by the following formula 3, integral addition is carried out and the amount Q of heat release of the period from the above-mentioned combustion initiation (whenever [crank angle] theta 1) to termination (whenever [crank angle] theta 2) is calculated.

[Equation 3]

$$Q = \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta=\theta_2} dQ(\theta) \quad (式 3)$$

Then, the mass combustion rate X (theta) is computed by the degree type to every theta whenever [crank angle], and as shown in drawing 3, it graph-izes.

The combustion period (it displays by whenever [crank angle]) when a mass combustion rate becomes 10% from drawing 3 from 0% $X(\theta) = (dQ(\theta)/Q) \times 100\%$ can be searched for.

[0017] The combustion period when a mass combustion rate becomes 10% from 0% in the above procedure for every set-point fire stage was computed by having changed the fuel and the air-fuel ratio, it asked for the ignition timing which takes out the maximum output in the range which does not start knocking from the obtained data at the end, i.e., MBT, and the correlation with MBT and the combustion period when the mass combustion rate at that time becomes from 0% by 10% was searched for.

[0018] The result indicated straight-line relation independently to be the class of fuel, and an air-fuel ratio about the combustion period (it displays by the angular displacement of a crank) when the mass

combustion rate of a fuel becomes [MBT] 10% from 0% as shown in drawing 4 . In addition, the axis of ordinate of drawing 4 shows the combustion period (it displays by Combustion Duration and angular-displacement **CA of a crank) over various fuels when the mass combustion rate of a fuel becomes 10% from 0%, an axis of abscissa is shown by whenever [crank angle] (**CA) by making MBT to various fuels into ignition timing (Ignition Timing), and the air-fuel ratio is large toward the left of a graph to right-hand side.

[0019] In the example 2 of example of experiment 2 experiment, it replaced with the fuel of an example 1 as a fuel, and the same conditions as the example 1 of an experiment performed the combustion test except for having used each oxygenated fuel of a methanol, ethanol, methyl tertiary butyl ether (MTBE), and the equivalent mixture (furan 50) of a furan and benzene. The result indicated straight-line relation independently to be the class of fuel, and an air-fuel ratio about the combustion period (it displays by the angular displacement of a crank) when the mass combustion rate of a fuel becomes [MBT] 10% from 0% as shown in drawing 5 . In addition, drawing 5 is the same as the method of presentation of drawing 4 .

[0020] In the engine used in the example 1 of example of experiment 3 experiment, an isooctane and each hydrocarbon pure article of benzene are used as a fuel, and they are engine-speed 800rpm, 1600rpm, 2000rpm, and 2400rpm. A MAP, an air-fuel ratio, and ignition timing were changed, and the engine combustion test was performed like the example 1 of an experiment. The result indicated straight-line relation independently to be the class of fuel, an air-fuel ratio, an engine rotational frequency, and a MAP about the combustion period (it displays by the angular displacement of a crank) when the mass combustion rate of a fuel becomes [MBT] 10% from 0% as shown in drawing 6 . In addition, drawing 6 is the same as the method of presentation of drawing 4 .

Furthermore, the experiment was continued, MBT took the criteria mass combustion rate of a fuel to arbitration (for example, 10%), and this invention person etc. has checked having straight-line relation also about the burn time to the mass combustion rate (for example, 90%) of arbitration that combustion advanced from there, the same with being shown in drawing 4 , drawing 5 , and drawing 6 .

[0021] From the above experimental result, this invention person etc. is related with the combustion period (it displays by the angular displacement of a crank) when the optimal ignition timing (namely, ignition by MBT) becomes the mass combustion rate of arbitration from the criteria mass combustion rate of the arbitration of a fuel. Regardless of the class of fuel, an air-fuel ratio, an engine rotational frequency, and a MAP, it perceives having a straight-line relation, finds out that the relation of a parenthesis is dependent only on an engine property, and came to complete this invention.

[0022] In order to attain the above-mentioned purpose, the spark-ignition engine concerning this invention In the spark-ignition engine which had the crank connected with the piston in a cylinder and a cylinder based on this focus, and has changed the reciprocating motion of a piston into rotation through a crank The angle sensor which measures whenever [crank angle / of a crank], and the combustion sensor which measures the mass combustion rate of the fuel in a cylinder combustion chamber, whenever [crank angle / which was measured by the angle sensor], and the mass combustion rate measured by the combustion sensor -- being based -- following formula $Y=aX+b$ -- [-- here The difference of whenever [in the criteria mass combustion rate of the arbitration of a fuel that the ignition timing which displayed Y by whenever / in front of a top dead center / crank angle / , and X were injected into the cylinder / crank angle], and, whenever [in the mass combustion rate of the arbitration in the phase, in which combustion advanced / crank angle], a and b are characterized by having the arithmetic unit which computes a spark-ignition engine's ignition timing by constant] which becomes settled with a spark-ignition engine's property, and the control unit which controls a spark-ignition engine's ignition timing based on the ignition timing computed by the arithmetic unit.

[0023] Moreover, this invention is equipped with the crank connected with the piston in a cylinder and a cylinder, and sets it to the ignition timing optimum control approach of the spark-ignition engine which has changed the reciprocating motion of a piston into rotation through a crank. whenever [crank angle / which was measured by the angle sensor which measures whenever / crank angle / of a crank] the mass combustion rate measured by the combustion sensor which measures the mass combustion rate of the fuel in a cylinder combustion chamber -- being based -- following

formula $Y=aX+b$ -- [-- here The difference of whenever [in the criteria mass combustion rate of the arbitration of a fuel that the ignition timing which displayed Y by whenever / in front of a top dead center / crank angle /, and X were injected into the cylinder / crank angle], and, whenever [in the mass combustion rate of the arbitration in the phase, in which combustion advanced / crank angle], a and b are constant] which becomes settled with a spark-ignition engine's property, and it is characterized by computing a spark-ignition engine's ignition timing and controlling a spark-ignition engine's ignition timing based on the computed ignition timing.

[0024] In the above-mentioned formula, it is arbitrary what% a criteria mass combustion rate is made, and it is arbitrary what% the mass combustion rate in the phase in which combustion advanced is made. Suitably, a criteria mass combustion rate is made into 0% (ignition), and the mass combustion rate in the phase in which combustion advanced is made into 10%. In addition, a mass combustion rate shows the rate in which the fuel burned with the mass of a fuel. Multipliers a and b may differ, also when it is the constant which becomes settled with an engine property, it changes with the size of an engine compression ratio and a swirl ratio, or existence of a supercharger and the range of a mass combustion rate is changed. As each example of an experiment shows, the decision of multipliers a and b can change the engine speed and MAP of a fuel, an air-fuel ratio, and an engine, can perform an engine combustion test, can plot drawing 4 or a graph like drawing 5, and can ask for it experimentally.

[0025] Moreover, the above-mentioned formula is unrelated to both the class of fuel an air-fuel ratio a MAP and an engine speed, and if it is the spark-ignition engine of the same form, it can buy and apply the formula of the same constants a and b to how of a service condition. This invention does not have the exception of a high octane gasoline and regular gasoline, it measures the mass combustion rate of the fuel of an engine combustion chamber, computes the optimal ignition timing based on the above-mentioned formula, and is always carrying out feedback control of the ignition timing to whenever [crank angle]. This invention is applicable suitable for the flexible fuel vehicle (FFV) it can run using the both sides of a gasoline and a methanol also when converting the conventional engine into the engine which uses other specific fuels as a fuel, for example, an LPG engine, a CNG engine, a methanol engine, etc. from a gasoline engine, since it is unrelated to the class of fuel.

[0026] As long as the combustion sensor used by this invention can measure promptly the mass combustion rate of the fuel in a cylinder combustion chamber, there is no limitation and it can use a commercial sensor, for example, the thing to depend on the approach of asking for radical luminescence reinforcement with an optical fiber, the thing to depend on the approach of measuring the location of a flame by the ion probe, the thing to depend on the approach of measuring combustion temperature with a thermo sensor. Moreover, the pressure sensor (ignition plug one apparatus, washer mold for ignition plugs (washer mold), etc.) which measures the pressure of the combustion chamber of a cylinder as a combustion sensor, for example, piezo type piezoelectric transducers, is used, and you may make it compute the mass combustion rate of the fuel according to the measured chamber pressure from the known relation between the pressure of a combustion chamber, and the mass combustion rate of a fuel so that the example mentioned later may explain. Moreover, what is necessary is it to be not necessarily required for to form a combustion sensor in all gas columns, for there to be, and to prepare only in the gas column to represent in a multiple cylinder engine. [no] An installation location will not be asked if the installation location of a combustion sensor can detect a mass combustion rate. For example, it is good on the cylinder head, a cylinder liner, the piston top face, etc.

[0027] As long as the angle sensor of whenever [crank angle / which is used by this invention] is a sensor which can detect whenever [crank angle], there is especially no limitation and it can use a commercial angle sensor. As long as the detecting point can also detect whenever [crank angle], the point which there is not, for example, is [distributor / a crankshaft,] easy to detect may be equipped especially with limitation. Moreover, if the sensor is already formed in the engine whenever [crank angle], the angle sensor can be used. The control device used by this invention can also use the part, when the engine is already equipped with the circuit for engine control.

[0028]

[Example] Hereafter, with reference to an accompanying drawing, this invention is explained more

to a detail based on an example. Drawing 1 is the mimetic diagram of the important section of one example of the spark-ignition engine concerning this invention. The spark-ignition engine 10 which shows drawing 1 is a reciprocation internal combustion engine of a four cycle, and has the crankshaft 16 connected with the piston 14 which reciprocates the inside of a cylinder 12 and a cylinder 12. In addition, the components without the direct relation to this inventions, such as an air suction port and fuel-injection opening, are omitted among drawing 1.

[0029] Furthermore, the spark-ignition engine 10 has the pressure sensor 20 attached in the combustion chamber 18 as an ignition timing controlling mechanism in order to measure the pressure of a combustion chamber, the angle sensor 22 which measures the include angle of a crankshaft 16, the arithmetic unit 24, and the control unit 28. An arithmetic unit 24 follows relation as shown in drawing 2 and drawing 3 which were produced beforehand. While computing the mass combustion rate of the fuel in the pressure from the signal of a pressure sensor 20 The ignition timing (MBT) in the combustion period (difference of whenever [in the setting criteria mass combustion rate of the fuel injected into the cylinder / crank angle], and whenever [in the setting mass combustion rate in the phase in which combustion advanced / crank angle]) set up beforehand is computed by formula $Y=aX+b$. This ignition timing Y is a spark-ignition engine's 10 optimal ignition timing. A control unit 28 controls the ignition timing of an ignition plug 26 based on the ignition timing which the arithmetic unit 24 computed. 30 are amplifier which amplifies the signal from a pressure sensor 20 among drawing 1. A pressure sensor 20 and an angle sensor 22 are commercial sensors.

[0030] Next, actuation of a spark-ignition engine's 10 ignition timing controlling mechanism is used. The pressure sensor 20 and the angle sensor 22 have measured whenever [pressure / of a combustion chamber 18 /, and crank angle / of a crankshaft 16] continuously intermittently at intervals of [fixed] arbitration, and input the measured value into an arithmetic unit 24 immediately. An arithmetic unit 24 is computed from the pressure survey value into which the mass combustion rate of the fuel corresponding to a pressure survey value was inputted according to relation as shown in drawing 2 and drawing 3 which were produced beforehand. Subsequently, whenever [whenever / crank angle / in the mass combustion rate that are an arithmetic unit 24 at the 0% i.e., ignition, time, and whenever / whenever / crank angle / in a criteria mass combustion rate /, for example, a mass combustion rate, determined it as $K0 **CA$ beforehand whenever / crank angle], for example, a mass combustion rate, computes K degrees of angular displacements CA of whenever [difference / with $K10 \text{ degree}CA$ /, i.e., crank angle in both mass combustion rate,] whenever [in 10% / crank angle]. K degrees of this angular displacement CA are X in the following formula.

[0031] Then, an arithmetic unit 24 computes a spark-ignition engine's 10 optimal ignition timing Y by $KM **CA$ whenever [crank angle / of the stage] by following formula $Y=aX+b$ [the constant to which it is here and a and B become settled with a spark-ignition engine's property]. $KM **CA$ is [whenever / this crank angle] equivalent to a minimum point fire tooth lead angle (MBT) as checked in the examples 1, 2, and 3 of an experiment. When whenever [crank angle] reaches $KM **CA$, a control unit 28 is controlled so that an ignition plug 26 is lit.

[0032] The single-cylinder engine (single-cylinder engine of model 530 type made from AVL) with a displacement of 403 cc used in the example 1 of example of experiment 4 experiment was selected as a trial engine, and this trial engine was equipped with the ignition timing controlling mechanism prepared for the spark-ignition engine 10 which shows drawing 1. Since all were approximated to $a=0.978$, $b=0.66$, or it as a result of analyzing the graph of drawing 4, drawing 5, and drawing 6, respectively and obtaining it, the constants a and b of formula $Y=aX+b$ to this engine were set up in this way. Like the example 1 of an experiment, the pure article of each hydrocarbon of an isooctane, benzene, toluene, 1-hexene, 2, 4 and 4 trimethyl pentene (DIB), and a cyclohexane was used for the fuel, and it set [the engine speed] the chemically correct mixture ratio, equivalent ratio:1.0 [i.e.,], and the MAP as 660mmHg(s) for 1200rpm and an air-fuel ratio as a test condition. Subsequently, as a result of controlling so that the ignition timing of a trial engine is set to MBT as mentioned above, the result as shown in the example 4 of an experiment of Table 1 was obtained.

[Table 1]

	出力 (PS)		燃料消費量 (cm ³ /(kW・s))		図示熱効率 (%)	
	実験例 4	比較例	実験例 4	比較例	実験例 4	比較例
iso-Octane	5.794	5.589	105.1	108.2	30.9	29.9
Benzene	5.754	5.543	92.5	96.0	30.3	29.2
Toluene	5.740	5.643	93.5	95.1	30.2	29.7
DIB	5.876	5.762	101.3	103.4	31.1	30.4
cyclohexane	5.742	5.591	95.8	98.4	30.5	29.7

運転条件：回転数：1200rpm. 空燃比：理論混合比（当量比：1.0），吸気圧力：660mmHg

実験例 4：MBTで点火

比較例：MBTより8°CA遅角で点火

[0033] Except for having made ignition timing of the example trial engine of a comparison into 8-degreeCA lag from MBT, the trial engine was operated on the same conditions as the example 4 of an experiment, and the result was shown in Table 1 as an example of a comparison.

[0034] In Table 1, if the specific fuel consumption and thermal efficiency of the example 4 of an experiment and the example of a comparison are compared, the specific fuel consumption of the example 4 of an experiment will decrease compared with the example of a comparison, and the thermal efficiency of the example 4 of an experiment will improve compared with the example of a comparison. Here, thermal efficiency means the ratio of the heating value changed into work, and the heating value supplied to the engine.

[0035]

[Effect of the Invention] The angle sensor which measures whenever [crank angle / of a crank] according to invention of claim 1, The combustion sensor which measures the mass combustion rate of the fuel injected into the cylinder, and whenever [crank angle / which was acquired by the sensor], and the arithmetic unit which computes a spark-ignition engine's optimal ignition timing according to a specific formula based on a mass combustion rate, By having the control device which controls a spark-ignition engine's ignition timing based on the ignition timing computed by the arithmetic unit, independently, service conditions, such as an engine speed, a class of fuel, an air-fuel ratio, and suction pressure, are controlled so that ignition timing is set to MBT. By controlling ignition timing to be set to MBT, irrespective of the class of fuel, a jump-spark-ignition power increases and thermal efficiency and fuel consumption are improved. And since this control approach is unrelated to the class of fuel, it always maintains fuel consumption at the highest condition regardless of the presentation of a gasoline, and the flexible fuel vehicle (FFV) it can further run with both a gasoline and a methanol can also be suitably used for it. Moreover, since this invention is unrelated to service conditions, such as an engine speed, a class of fuel, an air-fuel ratio, and a MAP, it is very general-purpose and can be widely applied to various spark-ignition engines.

[0036] By controlling ignition timing by the above-mentioned configuration to MBT, irrespective of the class of fuel, the jump-spark-ignition power was reinforced and, according to invention of claim 3, the ignition timing optimum control approach which improves fuel consumption is realized.

[Translation done.]

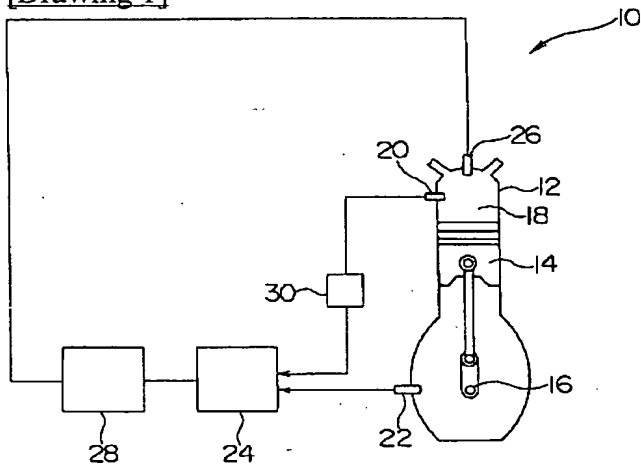
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

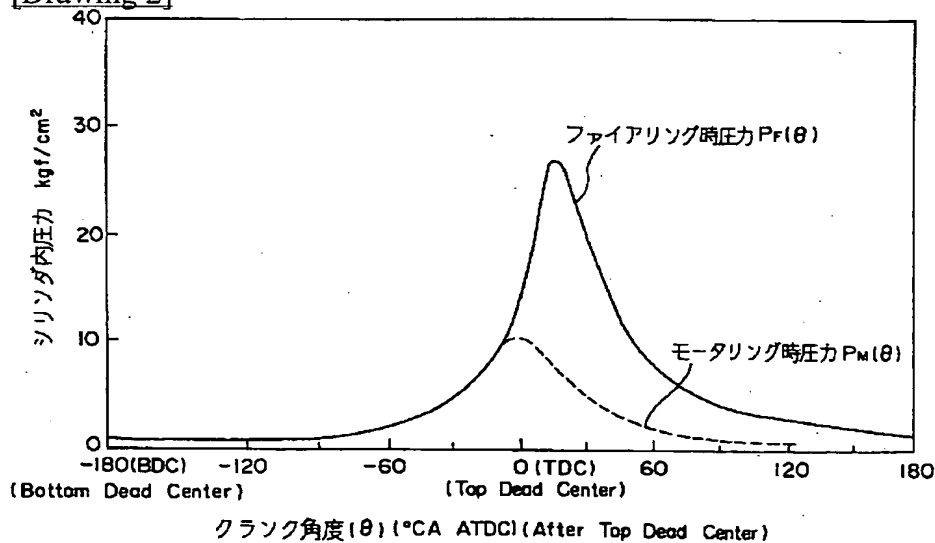
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

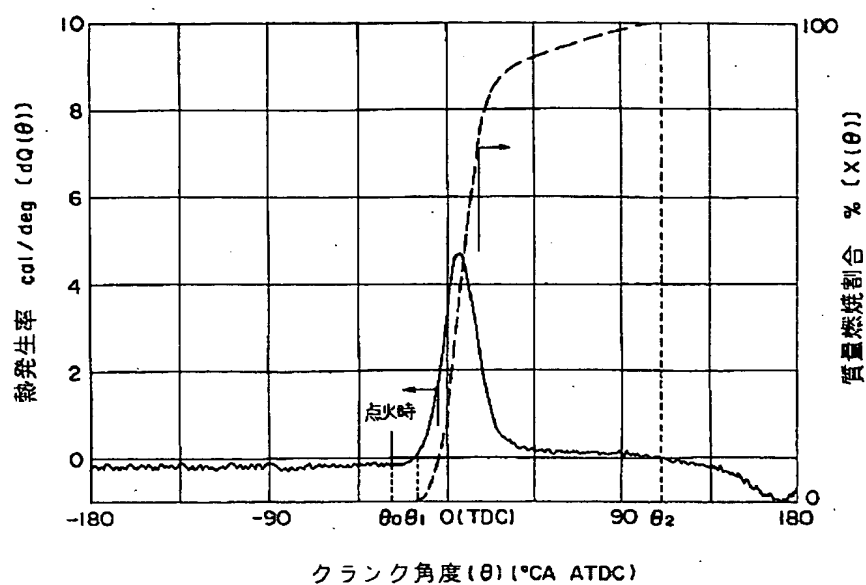
[Drawing 1]



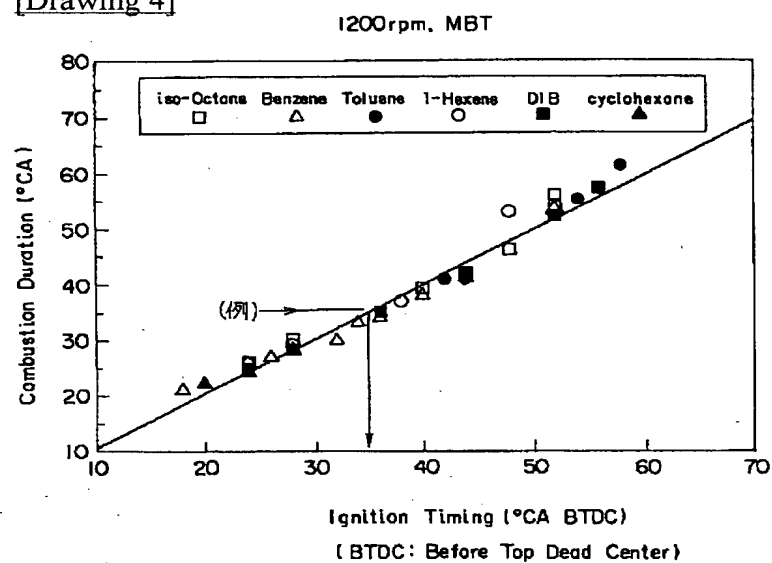
[Drawing 2]



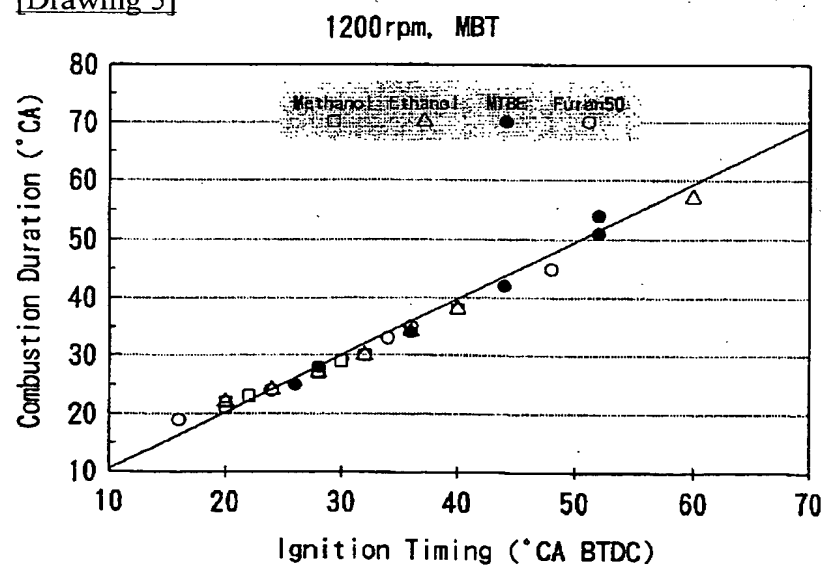
[Drawing 3]



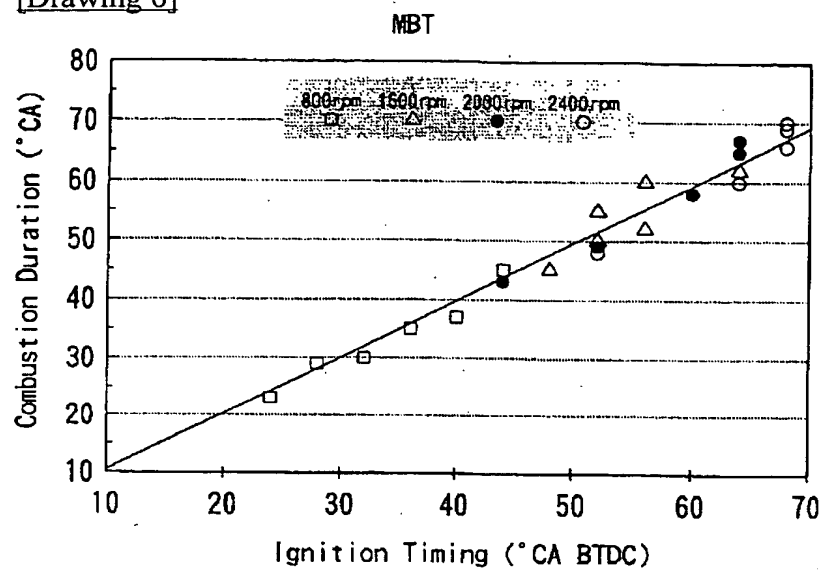
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-180645

(43)Date of publication of application : 18.07.1995

(51)Int.Cl.

F02P 5/152

F02P 5/153

F02D 45/00

F02D 45/00

F02P 5/15

(21)Application number : 06-257427

(71)Applicant : COSMO SOGO KENKYUSHO:KK
COSMO OIL CO LTD

(22)Date of filing : 27.09.1994

(72)Inventor : HARA HIROAKI
KOMORIYA HARUO

(30)Priority

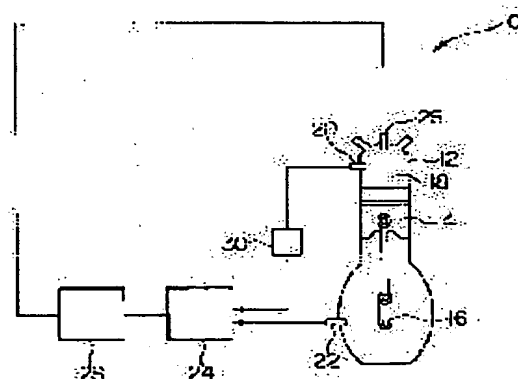
Priority number : 05307266 Priority date : 12.11.1993 Priority country : JP

(54) SPARK-IGNITION ENGINE AND IGNITION TIMING OPTIMUM CONTROL METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a spark-ignition engine provided with means for optimizing the ignition timing of the spark-ignition engine regardless of the sort of fuel, and the ignition timing optimum control method.

CONSTITUTION: A spark-ignition engine 10 is provided with an angle sensor 22 for measuring the crank angle of a crank 16, a combustion sensor 20 for measuring the mass combustion rate of fuel in the combustion chamber 18 of a cylinder 12, an arithmetic unit 24, and a control device 28. On the basis of the crank angle measured by the angle sensor 22 and the mass combustion rate measured by the combustion sensor 20, the arithmetic unit 24 computes the optimum ignition timing by $Y=aX+b$, where Y is the ignition timing indicated at the crank angle before the top dead center, X is the difference between the crank angle at the optional reference mass combustion rate of fuel injected into the cylinder and the crank angle at the optional mass combustion rate in the advanced stage of combustion, and a, b are constants determined by the characteristic of the spark-ignition engine. The control device 28 controls the ignition timing of the spark-ignition engine on the basis of the optimum ignition timing computed by the arithmetic unit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3179299

[Date of registration]

13.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-180645

(43) 公開日 平成7年(1995)7月18日

(51) IntCl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 0 2 P 5/152

5/153

F 0 2 D 45/00

3 6 2 B

F 0 2 P 5/ 15

D

K

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-257427

(22) 出願日 平成6年(1994)9月27日

(31) 優先権主張番号 特願平5-307266

(32) 優先日 平5(1993)11月12日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000130189

株式会社コスモ総合研究所

東京都港区芝浦1丁目1番1号

(71) 出願人 000105567

コスモ石油株式会社

東京都港区芝浦1丁目1番1号

(72) 発明者 原 浩昭

埼玉県幸手市権現堂1134-2 株式会社コ

スモ総合研究所研究開発センター内

(72) 発明者 小森谷 晴夫

埼玉県幸手市権現堂1134-2 株式会社コ

スモ総合研究所研究開発センター内

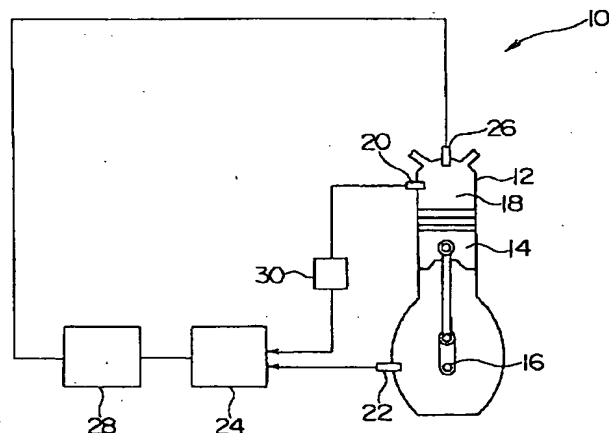
(74) 代理人 弁理士 大澤 斌 (外1名)

(54) 【発明の名称】 火花点火機関及びその点火時期最適制御方法

(57) 【要約】

【目的】 燃料の種類にかかわらず、火花点火機関の点火時期を最適化する手段を備えた火花点火機関を提供し、またその点火時期最適制御方法を提供する。

【構成】 火花点火機関10は、クランク16のクランク角度を測定する角度センサ22と、シリンダ12の燃焼室18での燃料の質量燃焼割合を測定する燃焼センサ20と、演算装置24と、制御装置28とを備えている。演算装置は、角度センサで測定したクランク角度と、燃焼センサで測定した質量燃焼割合に基づき、 $Y = aX + b$ (ここで、Yは上死点前のクランク角度で表示した点火時期、Xはシリンダに注入された燃料の任意の基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での任意の質量燃焼割合でのクランク角度の間の差、a及びbは火花点火機関の特性による定まる定数) により最適点火時期を算出する。制御装置28と、演算装置により算出された最適点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリンダと、シリンダ内のピストンに連結されたクランクを備え、クランクを介してピストンの往復運動を回転運動に変換している火花点火機関において、

クランクのクランク角度を測定する角度センサと、シリンダ燃焼室での燃料の質量燃焼割合を測定する燃焼センサと、

角度センサで測定したクランク角度と、燃焼センサで測定した質量燃焼割合に基づき、次の式

$$Y = aX + b$$

【ここで、Yは上死点前のクランク角度で表示した点火時期、Xはシリンダに注入された燃料の任意の基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での任意の質量燃焼割合でのクランク角度との差、a及びbは火花点火機関の特性により定まる定数】により、火花点火機関の点火時期を算出する演算装置と、演算装置により算出された点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御する制御装置とを備えたことを特徴とする火花点火機関。

【請求項2】 前記燃焼センサがシリンダの燃焼室の圧力を測定する圧力センサであって、燃焼室の圧力と燃料の質量燃焼割合との関係から、前記演算装置が、前記圧力センサによる圧力測定値に基づき、シリンダに注入された燃料の圧力測定時の質量燃焼割合を算出するようにしたことを特徴とする請求項1記載の火花点火機関。

【請求項3】 シリンダと、シリンダ内のピストンに連結されたクランクを備え、クランクを介してピストンの往復運動を回転運動に変換している火花点火機関の点火時期最適制御方法において、

クランクのクランク角度を測定する角度センサにより測定したクランク角度と、シリンダ燃焼室での燃料の質量燃焼割合を測定する燃焼センサにより測定した質量燃焼割合に基づき、次の式

$$Y = aX + b$$

【ここで、Yは上死点前のクランク角度で表示した点火時期、Xはシリンダに注入された燃料の任意の基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での任意の質量燃焼割合でのクランク角度との差、a及びbは火花点火機関の特性により定まる定数】で、火花点火機関の点火時期を算出し、

算出された点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御するようにしたことを特徴とする火花点火機関の点火時期最適制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、火花点火機関に関し、更に詳細に言えば、点火時期最適制御機構を備えた火花点火機関に関するものであり、また火花点火機関に適用できる点火時期最適制御方法に関するものである。本明

細書で、火花点火機関とは、2サイクル又は4サイクルのシリンダエンジンを備えて往復動式内燃機関を言う。

【0002】

【従来の技術】火花点火機関においては、点火時期が早過ぎると、燃焼時期が早くなり過ぎて、ピストンの上昇時にピストンを押し下げる働きとなり、逆に点火時期が遅すぎると、燃焼時期が遅くなり過ぎて、ピストンの下降が大きい時に燃焼圧力が作用することになり、有効な仕事にならない。そこで、火花点火機関の出力及び燃費を向上させ、或いは排ガスの無害化を促進して、環境改善及び省エネルギーを図る見地から、火花点火機関の点火時期を最適化する研究が盛んに行われている。火花点火機関の最適点火時期は、理論的には、最小点火進角（Minimum Spark Advance for Best Torque）（以下、簡単にMBTと略称する）にクランク角度が到達した時であって、そこで点火するのが出力、燃費の点で最適である。ここで、最小点火進角（MBT）とは、ノッキングを起こさない範囲で最大トルクを発生するような点火時期に相当するクランクの角度である。そこで、従来の火花点火機関では、点火時期がMBTになるように種々の手段によりMBTに相当するクランク角度を算出し、それにより点火時期を機械的に、或いは電子的に制御している。

【0003】例えば、特開昭56-165772号公報は、アルコールとガソリンとを混合した混合燃料を使用するエンジンの点火時期調整装置を開示している。その装置は、混合燃料のアルコール濃度を検出するアルコール濃度センサと、アルコール濃度センサの出力に基づいて点火時期を調整する点火時期調整装置を設け、アルコール濃度が設定値以上であるときは点火時期を進めるように構成している。

【0004】また、特開平1-193079号公報は、エンジンの回転速度変化を等角加速度運動とみなし、連続する2回のクランク基準位置間周期をもとに点火時期を算出することにより、エンジン運転状態に応じた最適点火時期に点火を行うようにした発明を開示している。また、前掲公報は、この開示発明が、エンジン回転数の変化時においても運転状態に応じた最適点火時期に点火を行うことを可能としたガソリンエンジンの電子点火時期制御方法であるとしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、火花点火機関の点火時期を最適化する従来の方法は、必ずしも満足できるものではなく、種々の問題点を有している。例えば前掲特開昭56-165772号公報に開示の点火時期調整装置は、アルコール濃度が所定値前後にある場合にしか適用できないと言う制約があり、任意のガソリン／アルコール濃度の燃料を使用した場合には、必ずしも最適出力が得られるとは限らないと言う弱点がある。また、前掲特開平1-193079号公報に提案された方

法は、高オクタン価ガソリンとレギュラーガソリンの場合のように、燃料特性、例えば、オクタン価、燃焼速度等が異なる燃料を使用した場合には、必ずしも最適点火時期を制御できないと言う問題がある。

【0006】従来の火花点火機関の最適点火時期制御手段のかかる問題点に鑑み、本発明の目的は、使用燃料の種類にかかわらず、火花点火機関の点火時期を最適化する手段を備えた火花点火機関を提供し、またその点火時期最適制御方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、これら従来技術を踏まえて更に研究と実験を重ねた結果、火花点火機関が最大熱効率を示す点火時期、即ち最適点火時期は、燃料の種類、空燃比、吸入空気量、或いはエンジンの回転数とは独立した、ある特定因子の一次関数であることを見出した。

【0008】以下に、本発明者等が、最適点火時期は特定の因子の一次関数であることを見出すに至った実験結果を説明する。

実験例1

排気量403ccの単気筒エンジン（AVL社製のモデル530タイプの単気筒エンジン）を試験エンジンとして選定し、燃料希薄混合気でも運転可能のように改造し、更に、圧力センサを取り付けて燃焼室の圧力を計測できるようにした。

【0009】上記改造エンジンにおいて、イソオクタン、ベンゼン、トルエン、1-ヘキセン、2・4・4トリメチルペンテン（DIB）、シクロヘキサンの各炭化水素の純品を燃料として使用し、エンジン回転数が1200rpm、吸気圧力が660mmHgの運転条件で、空燃比を変えて燃焼試験を行った。燃焼試験では、燃料毎にかつ空燃比毎に点火時期を種々に変えた運転条件でエンジンを運転し、設定した各点火時期毎に、エンジン出力と、クランク角度に対応した燃焼室の圧力とを測定した。

【0010】次いで、測定結果から、任意の基準質量燃*

$$P_r = (1/N) \sum_{i=1}^N (P_r(\theta)) \quad (式1)$$

【0013】同様にして、モータリング時のクランク角度 θ に対応する圧力測定値 $p_m(\theta)$ を求め、適当な角間隔のクランク角度 θ 毎に次の式2によってモータリ※

$$P_m = (1/N) \sum_{i=1}^N (P_m(\theta)) \quad (式2)$$

なお、 $P_m(\theta)$ は、ピストンのボア、ストローク、コンロッド、オフセットの値より、クランク角度における筒内容積の推移から、計算で算出することも可能である。各クランク角度 θ と、そのクランク角度 θ でのファイアリング時の平均圧力 $P_f(\theta)$ 及びモータリング時の平均圧力 $P_m(\theta)$ との関係を図2に示すようにグラフ化する。

* 焼割合、例えば0%（点火時）から燃焼が進行して任意の質量燃焼割合、例えば10%に到達する迄のクランク角度の角変位を算出するために図2及び図3を作成した。最後に、MBTと、その時の質量燃焼割合が0%から10%までになる燃焼期間との相関を求めた。

【0011】以下に、図2及び図3に示すグラフの作成方法及びそれを使用して質量燃焼割合が0%から10%までになる燃焼期間を求める方法を説明する。図2は、横軸にはクランク角度の角変位（ θ 、[°CA「Crank Angle」の略称]で示される。以下、簡単にクランク角度と言う）が、縦軸にはシリンダ内圧力がそれぞれ目盛っており、モータリング時（無点火）及びファイアリング時でのクランク角度とシリンダ内圧力との関係を表す。これにより、各クランク角度に対する燃焼室のモータリング時の圧力 $p_m(\theta)$ （ θ が p_m の関数であることを示すために θ が添えてある。以下、同様）と、ファイアリング時の圧力 $p_f(\theta)$ を読み取ることができる。図3は、横軸にはクランク角度が、縦軸に熱発生率（ $dQ(\theta)$ ）及び質量燃焼割合（ $X(\theta)$ [%]）がそれぞれ目盛っており、クランク角度と熱発生率との関係（実線のグラフ）及びクランク角度と質量燃焼割合との関係（破線のグラフ）を表す。

【0012】第1ステップとして、以下の手順で図2を作成する。尚、以下の演算は、演算装置に入力された圧力測定値から所定のプログラムによって算出される。まず、同じ燃料、同じ空燃比及び同じ点火時期でファイアリング時の燃焼試験をN回（Nは任意の数）繰り返し、適当な角間隔でクランク角度 θ に対応する燃焼室の圧力 $p_f(\theta)$ を各燃焼試験毎に測定する。 θ の範囲は、圧縮上死点を0として、次の圧縮上死点迄であって、試験エンジン（単気筒4サイクルのエンジン）の場合、0〜720°となる。尚、図2及び図3では、4サイクルのうち、圧縮及び爆発工程に関して図示したものである。次いで、各クランク角度 θ 毎に次の式1によってファイアリング時の平均の圧力 $P_f(\theta)$ を算出する。

【数1】

※ ング時の平均の圧力 $P_m(\theta)$ を算出する。

【数2】

【0014】第2ステップとして、以下の手順で図3を作成する。まず、クランク角度毎の熱発生率 $dQ(\theta)$ を以下の式により算出する。

$$dQ(\theta) = A / (\kappa - 1) \cdot (P_m(\theta) \cdot dP_f(\theta) + \kappa \cdot P_f(\theta) \cdot dP_m(\theta))$$

A : 仕事の熱当量 = 1/J kcal/kg・m

50 κ : 比熱比

5

クランク角度 θ と、そのクランク角度 θ での $dQ(\theta)$ との関係を図3に示すようにグラフ化する。

【0015】次に、上述のグラフから燃焼開始角度 θ_1 と燃焼終了角度 θ_2 とを求める。燃焼開始角度 θ_1 は、熱発生率が負から正へ移行する時のクランク角度であり、燃焼終了角度 θ_2 は、熱発生率が正から負へ移行する時のクランク角度である。換言すれば、図3において、 θ_1 は放熱量より発熱量が多くなる時点での、 θ_2 *

$$Q = \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta=\theta_2} dQ(\theta)$$

続いて、クランク角度 θ 毎に質量燃焼割合 $X(\theta)$ を次式によって算出し、図3に示すようにグラフ化する。

$$X(\theta) = (dQ(\theta)/Q) \times 100\%$$

図3から質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間(クランク角度で表示)を求めることができる。

【0017】燃料及び空燃比を変えて、各設定点火時期毎に以上の手順で質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間を算出し、最後に、得たデータからノッキングを起こさない範囲で最大出力を出す点火時期、即ちMBTを求め、MBTと、その時の質量燃焼割合が0%から10%までになる燃焼期間との相関を求めた。

【0018】その結果は、図4に示す通り、MBTが、燃料の質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間(クランクの角変位で表示)に関して、燃料の種類、空燃比とは無関係に直線関係を示した。尚、図4の縦軸は、種々の燃料に対する、燃料の質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間(Combustion Duration、クランクの角変位 $^{\circ}CA$ で表示)を示し、横軸は、種々の燃料に対する、MBTを点火時期(Ignition Timing)としてクランク角度($^{\circ}CA$)で示したものであり、グラフの左側から右側に向かって空燃比が大きくなっている。

【0019】実験例2

実験例2では、燃料として実施例1の燃料に代えて、メタノール、エタノール、メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル(MTBE)、フランとベンゼンの等量混合物(フラン50)の各含酸素燃料を使用したことを除いて、実験例1と同じ条件で燃焼試験を行った。その結果は、図5に示す通り、MBTが、燃料の質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間(クランクの角変位で表示)に関して、燃料の種類、空燃比とは無関係に直線関係を示した。尚、図5は図4の表示方法と同じである。

【0020】実験例3

実験例1で使用したエンジンにおいて、燃料としてイソオクタン及びベンゼンの各炭化水素純品を使用し、エンジン回転数800rpm、1600rpm、2000rpm、及び2400rpmで吸気圧力、空燃比及び点火時期を変えて、実験例1と同様にしてエンジンの燃焼試験を行った。その結果は、図6に示す通り、MBTが、燃料の質量燃焼割合が0%から10%になる燃焼期間(クランクの角変位で表示)に関して、燃料の種類、空燃比、エン

6

*は放熱量が発熱量より多くなる時点での、及び θ_2 は点火時でのクランク角度である。尚、 θ_1 と θ_2 のクランク角度の差は、一般に点火遅れ(Ignition Delay)とされている期間である。

【0016】次いで、上記燃焼開始(クランク角度 θ_1)から終了(クランク角度 θ_2)迄の期間の熱発生量 Q を次の式3によって積分加算して求める。

【数3】

(式3)

ジンの回転数、及び吸気圧力とは無関係に直線関係を示した。尚、図6は図4の表示方法と同じである。更に、本発明者等は、実験を継続して、MBTが、燃料の基準質量燃焼割合を任意に取り(例えば10%)、そこから燃焼が進行した任意の質量燃焼割合(例えば90%)までの燃焼時間に関しても、図4、図5および図6に示すのと同様に直線関係を有することが確認できた。

【0021】以上の実験結果から、本発明者等は、最適点火時期(即ちMBTでの点火)が、燃料の任意の基準質量燃焼割合から任意の質量燃焼割合になる燃焼期間(クランクの角変位で表示)に関して、燃料の種類、空燃比、エンジンの回転数、及び吸気圧力とは無関係に、直線関係にあることに着眼し、かつこの関係がエンジンの特性にのみ依存していることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0022】上記目的を達成するために、本発明に係る火花点火機関は、かかる着眼点に基づき、シリンダと、シリンダ内のピストンに連結されたクランクを備え、クランクを介してピストンの往復運動を回転運動に変換している火花点火機関において、クランクのクランク角度を測定する角度センサと、シリンダ燃焼室での燃料の質量燃焼割合を測定する燃焼センサと、角度センサで測定したクランク角度と、燃焼センサで測定した質量燃焼割合に基づき、次の式

$$Y = aX + b$$

【ここで、Yは上死点前のクランク角度で表示した点火時期、Xはシリンダに注入された燃料の任意の基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での任意の質量燃焼割合でのクランク角度との差、a及びbは火花点火機関の特性により定まる定数】により、火花点火機関の点火時期を算出する演算装置と、演算装置により算出された点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御する制御装置とを備えたことを特徴としている。

【0023】また、本発明は、シリンダと、シリンダ内のピストンに連結されたクランクを備え、クランクを介してピストンの往復運動を回転運動に変換している火花点火機関の点火時期最適制御方法において、クランクのクランク角度を測定する角度センサにより測定したクランク角度と、シリンダ燃焼室での燃料の質量燃焼割合

を測定する燃焼センサにより測定した質量燃焼割合に基づき、次の式

$$Y = aX + b$$

〔ここで、Yは上死点前のクランク角度で表示した点火時期、Xはシリンダに注入された燃料の任意の基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での任意の質量燃焼割合でのクランク角度との差、a及びbは火花点火機関の特性により定まる定数〕で、火花点火機関の点火時期を算出し、算出された点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御するようにしたことを特徴としている。

〔0024〕上記式において、基準質量燃焼割合を何%にするかは、任意であり、また燃焼が進行した段階での質量燃焼割合を何%にするかも、任意である。好適には、基準質量燃焼割合を0%（点火）とし、燃焼が進行した段階での質量燃焼割合を10%とする。尚、質量燃焼割合とは、燃料の燃焼した割合を燃料の質量で示したものである。係数a及びbは、エンジンの特性によって定まる定数であり、例えばエンジンの圧縮比及びスワール比の大小或いは過給機の有無により異なり、また質量燃焼割合の範囲を変化させた場合にも、異なることもある。係数a及びbの決定は、各実験例が示すように、燃料、空燃比、エンジンの回転数及び吸気圧力を変化させて、エンジンの燃焼試験を行い、図4或いは図5のようなグラフを作図して、実験的に求めることができる。

〔0025〕また、上記式は、燃料の種類、空燃比、吸気圧力及びエンジン回転数のいずれとも無関係であり、同じ型式の火花点火機関であれば、同一の定数a、bの式を運転条件の如何にかかわらず適用できる。本発明は、高オクタン価ガソリン、レギュラーガソリンの別なく、常時クランク角度と、エンジン燃焼室内の燃料の質量燃焼割合を計測し、上記式に基づいて最適点火時期を算出し、点火時期をフィードバック制御している。本発明は、燃料の種類に無関係であるから、従来のエンジンをガソリンエンジンから他の特定燃料を燃料とするエンジン、例えばLPGエンジン、CNGエンジン、メタノールエンジン等に改造する場合にも、或いはガソリンとメタノールの双方を使用して走行できるフレキシブル・フューエル・ビークル（FFV）等にも好適に適用できる。

〔0026〕本発明で使用する燃焼センサは、シリンダ燃焼室での燃料の質量燃焼割合を速やかに計測することができる限り、特に限定はなく、市販のセンサ、例えば光ファイバーでラジカル発光強度を求める方法によるもの、イオンプローブで火炎の位置を計測する方法によるもの、温度センサーで燃焼温度を計測する方法によるもの等を使用できる。また、後述する実施例で説明するように、燃焼センサとしてシリンダの燃焼室の圧力を測定する圧力センサ、例えばピエゾ式圧電変換器（点火プラグ一体型、点火プラグ用座金型（ワッシャー型）等）を

使用し、燃焼室の圧力と燃料の質量燃焼割合との既知の関係から、計測した燃焼室圧力に応じた燃料の質量燃焼割合を算出するようにしても良い。また、多気筒エンジンにおいては、全ての気筒に燃焼センサを設けることは、必ずしも必要で無く、代表する気筒のみに設ければよい。燃焼センサの取り付け位置は、質量燃焼割合が検出できれば、取り付け場所は問わない。例えば、シリンダヘッド、シリンダライナ、ピストン上面等で良い。

〔0027〕本発明で使用するクランク角度の角度センサは、クランク角度を検出できるセンサである限り特に限定はなく、市販の角度センサを使用できる。その検出点もクランク角度を検出できる限り特に限定はなく、例えばクランク軸、ディストリビュータ等検出し易い点に装着して良い。また、エンジンに既にクランク角度センサが設けてあるものであれば、その角度センサを使用することができる。本発明で使用する制御装置は、エンジン制御のための回路が既にエンジンに装着されている場合には、その一部を使用することも可能である。

〔0028〕

〔実施例〕以下、添付図面を参照し、実施例に基づいて本発明をより詳細に説明する。図1は、本発明に係る火花点火機関の一実施例の要部の模式図である。図1に示す火花点火機関10は、4サイクルの往復動内燃機関であって、シリンダ12と、シリンダ12内を往復動するピストン14に連結されたクランク軸16を備えている。尚、図1中、空気注入口、燃料注入口等の本発明に直接関係のない部品は、省略されている。

〔0029〕更に、火花点火機関10は、点火時期制御機構として、燃焼室内の圧力を計測するために燃焼室18に取り付けられた圧力センサ20と、クランク軸16の角度を計測する角度センサ22と、演算装置24と、制御装置28とを備えている。演算装置24は、予め作製された図2及び図3に示すような関係に従って、圧力センサ20の信号からその圧力での燃料の質量燃焼割合を算出すると共に予め設定した燃焼期間（シリンダに注入された燃料の設定基準質量燃焼割合でのクランク角度と燃焼が進行した段階での設定質量燃焼割合でのクランク角度との差）での点火時期（MBT）を式 $Y = aX + b$ で算出する。この点火時期Yが、火花点火機関10の最適点火時期である。制御装置28は、演算装置24が算出した点火時期に基づき点火プラグ26の点火時期を制御する。図1中、30は圧力センサ20からの信号を増幅する増幅器である。圧力センサ20及び角度センサ22は、市販のセンサである。

〔0030〕次に、火花点火機関10の点火時期制御機構の動作を使用する。圧力センサ20と角度センサ22は、連続的に又は任意の一定間隔で断続的に燃焼室18の圧力及びクランク軸16のクランク角度を測定して、その測定値を直ちに演算装置24に入力する。演算装置24は、予め作製された図2及び図3に示すような

関係に従って圧力測定値に対応する燃料の質量燃焼割合を入力された圧力測定値から算出する。次いで、演算装置24は、基準質量燃焼割合でのクランク角度、例えば質量燃焼割合が0%、即ち点火時点でクランク角度 K_0 、 $^{\circ}$ CAと、予め定めた質量燃焼割合でのクランク角度、例えば質量燃焼割合が10%でのクランク角度 K_{10} 、 $^{\circ}$ CAとの差、即ち両質量燃焼割合でのクランク角度の角変位 K° CAを算出する。この角変位 K° CAは、次の式におけるXである。

【0031】続いて、演算装置24は、次の式 $Y = aX + b$

【ここで、a及びbは火花点火機関の特性により定まる定数】により、火花点火機関10の最適な点火時期Yをその時期のクランク角度 K_0 、 $^{\circ}$ CAで算出する。実験例1、2及び3で確認されている通り、このクランク角度 K_0 、 $^{\circ}$ CAは、最小点火進角(MBT)に相当する。制御装置28は、クランク角度が K_0 、 $^{\circ}$ CAに到達した時点で点火プラグ26が点火するように制御する。

* 【表1】

	出力 (PS)		燃料消費量 (cm ³ /(MP・s))		図示熱効率 (%)	
	実験例4	比較例	実験例4	比較例	実験例4	比較例
Iso-Octane	5.794	5.589	105.1	108.2	30.9	29.9
Benzene	5.754	5.543	92.5	96.0	30.3	29.2
Toluene	5.740	5.643	93.5	95.1	30.2	29.7
DIB	5.876	5.762	101.3	103.4	31.1	30.4
cyclohexane	5.742	5.591	95.8	98.4	30.5	29.7

運転条件：回転数：1200rpm、空燃比：理論混合比（当量比：1.0）、吸気圧力：660mmHg

実験例4：MBTで点火

比較例：MBTより8°CA遅角で点火

【0033】比較例

試験エンジンの点火時期をMBTより8°CA遅角としたことを除いて、実験例4と同様の条件で試験エンジンを運転し、その結果を表1に比較例として示した。

【0034】表1において、実験例4及び比較例の燃料消費率及び熱効率を比較すると、実験例4の燃料消費率は、比較例に比べて減少し、実験例4の熱効率は、比較例に比べて向上している。ここで、熱効率とは、仕事に変換された熱量とエンジンに供給した熱量の比を言う。

【0035】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、クランクのクランク角度を測定する角度センサと、シリンダに注入した燃料の質量燃焼割合を測定する燃焼センサと、センサで得たクランク角度と質量燃焼割合に基づき特定の式に従い火花点火機関の最適点火時期を算出する演算装置と、演算装置により算出された点火時期に基づいて火花点火機関の点火時期を制御する制御装置とを備えること

* 【0032】実験例4

実験例1で使用した排気量403ccの単気筒エンジン（AVL社製のモデル530タイプの単気筒エンジン）を試験エンジンとして選定し、図1に示す火花点火機関10に設けた点火時期制御機構をこの試験エンジンに装備した。このエンジンに対する式 $Y = aX + b$ の定数a及びbは、図4、図5及び図6のグラフをそれぞれ解析して得た結果、いずれも $a = 0.978$ 、 $b = 0.66$ ないしそれに近似していたので、このように設定した。燃料は、実験例1と同様に、イソオクタン、ベンゼン、トルエン、1-ヘキセン、2・4・4トリメチルペンテン（DIB）、シクロヘキサンの各炭化水素の純品を使用し、試験条件として、エンジン回転数を1200rpm、空燃比を理論混合比、即ち当量比：1.0、吸気圧力を660mmHgに設定した。次いで、上述のようにして、試験エンジンの点火時期がMBTになるように制御した結果、表1の実験例4に示すような結果を得た。

により、エンジン回転数、燃料の種類、空燃比、吸入圧力等の運転条件とは無関係に、点火時期がMBTになるように制御している。点火時期をMBTになるように制御することにより、燃料の種類にかかわらず、火花点火機関の出力が増大し、熱効率及び燃費が改善される。しかも、この制御方法は、燃料の種類とは無関係であるから、ガソリンの組成に関係なく常に燃費を最高の状態に保ち、更にガソリンとメタノールの両方で走行可能なフレキシブル・フュエル・ビークル（FFV）等でも好適に使用できる。また、本発明は、エンジン回転数、燃料の種類、空燃比、吸気圧力等の運転条件とは無関係であるから、極めて汎用的であって、各種火花点火機関に広く適用できる。

【0036】請求項3の発明によれば、上述の構成によって点火時期をMBTに制御することにより、燃料の種類にかかわらず、火花点火機関の出力を増強させ、燃費を向上する、点火時期最適制御方法を実現している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る火花点火機関の実施例の一の模式図である。

【図2】クランク角度とシリンダ内圧力との関係を示すグラフである。

【図3】クランク角度と熱発生率との関係及びクランク角度と質量燃焼割合との関係を示すグラフである。

【図4】質量燃焼割合が0%から10%に到達する迄のクランク軸の角変位とMBT (°CA) との関係を示す実験例1で得たグラフである。

【図5】質量燃焼割合が0%から10%に到達する迄のクランク軸の角変位とMBT (°CA) との関係を示す実験例2で得たグラフである。

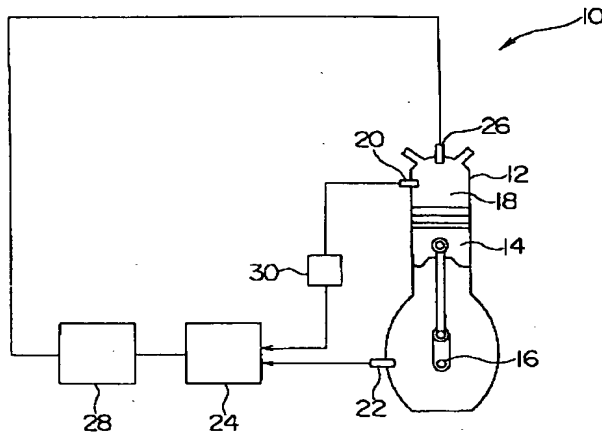
【図6】質量燃焼割合が0%から10%に到達する迄の*

* クランク軸の角変位とMBT (°CA) との関係を示す実験例3で得たグラフである。

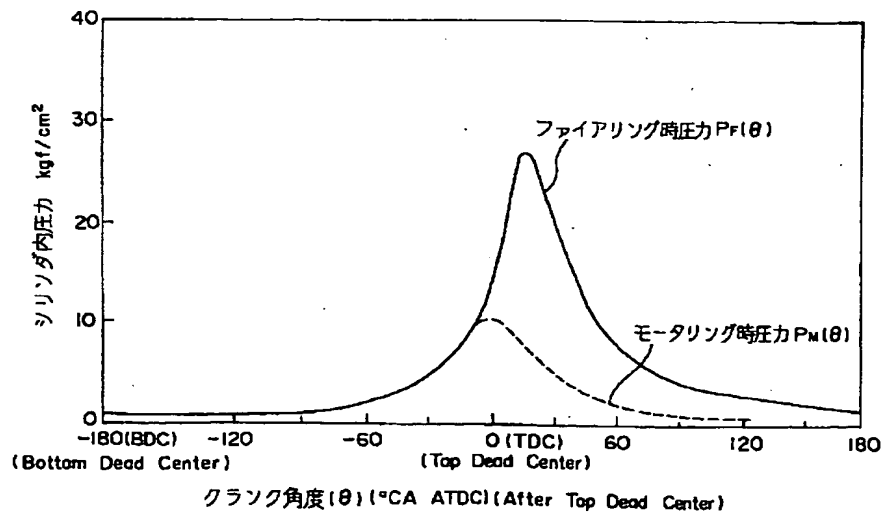
【符号の説明】

- | | |
|----|-------------------|
| 10 | 本発明に係る火花点火機関の一実施例 |
| 12 | シリンダ |
| 14 | ピストン |
| 16 | クランク軸 |
| 18 | 燃焼室 |
| 20 | 圧力センサ |
| 22 | 角度センサ |
| 24 | 演算装置 |
| 26 | 点火プラグ |
| 28 | 制御装置 |

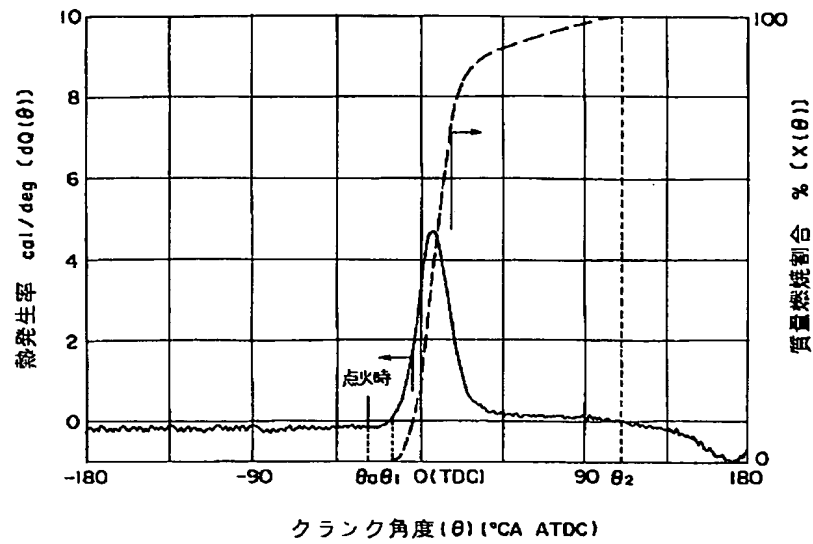
【図1】



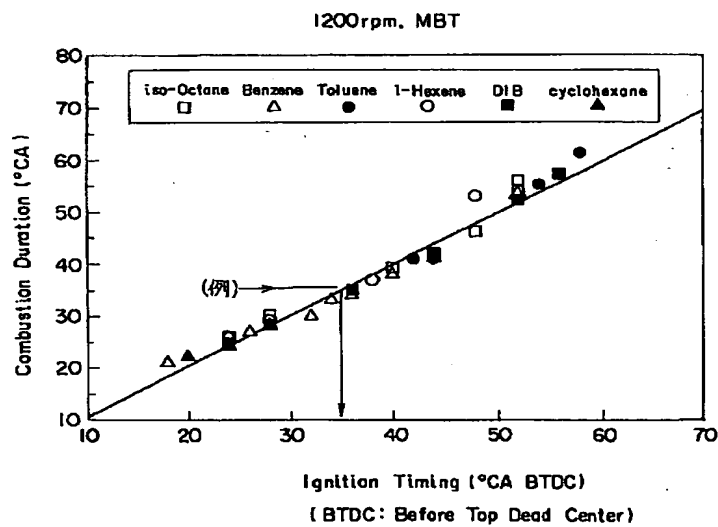
【図2】



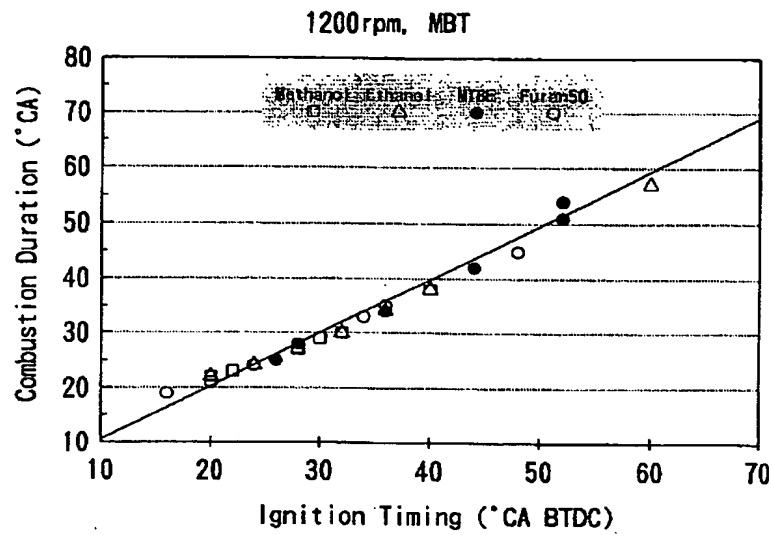
【図3】



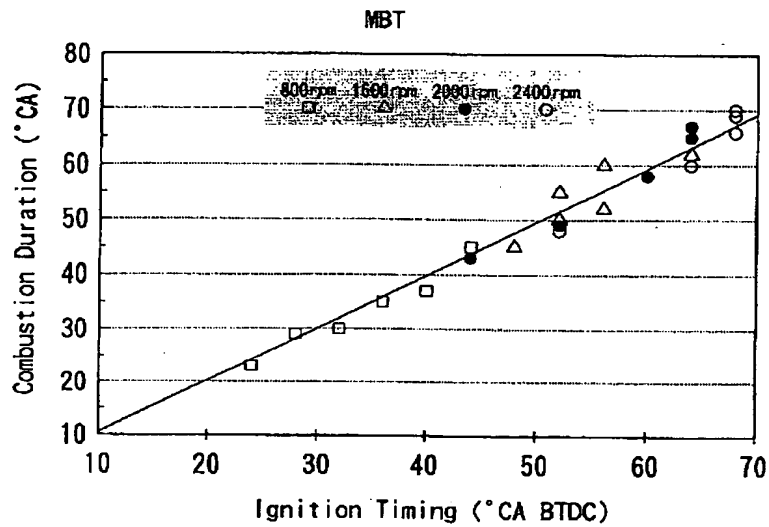
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵

F 0 2 D 45/00

F 0 2 P 5/15

識別記号

3 6 8 S

片内整理番号

F I

技術表示箇所